

**СТЕНД ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ МЕМБРАННО-ЭЛЕКТРОДНЫХ  
БЛОКОВ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Одним из направлений развития альтернативной энергетики является использование водорода в качестве энергоносителя. Перспективы развития водородной энергетики предполагают производство водорода, его хранение, распределение и использование для выработки электрической энергии с применением топливных элементов. Топливные элементы вырабатывают электроэнергию за счет окислительно-восстановительных превращений реагентов, поступающих извне; топливо и окислитель отдельно и непрерывно подводятся к электрохимической ячейке и реагируют на двух электродах. В топливном элементе химическая энергия топлива превращается непосредственно в электроэнергию. К числу достоинств топливных элементов относятся высокий КПД, низкая токсичность продуктов реакции, бесшумность, возможность создания модульной конструкции для достижения большой мощности. Наиболее перспективными для широкого применения на транспорте и в стационарных установках небольшого размера являются низкотемпературные топливные элементы с полимерным мембранным электролитом. Основное препятствие на пути их широкомасштабного использования – пока еще высокая стоимость по сравнению с традиционными устройствами, вырабатывающими энергию.

Наиболее разработаны водородные топливные элементы. В последнее время интенсивно ведутся исследования по созданию топливных элементов с прямым окислением органических спиртов (метанола и этанола) (DMFC – Direct Methanol Fuel Cells; DEFC – Direct Ethanol Fuel Cells). Применение органических топлив вместо водорода позволяет снять проблему получения водорода (ионы  $H^+$  образуются в процессе электрохимического окисления топлива), его очистки, хранения и распределения, упростить систему подачи топлива.

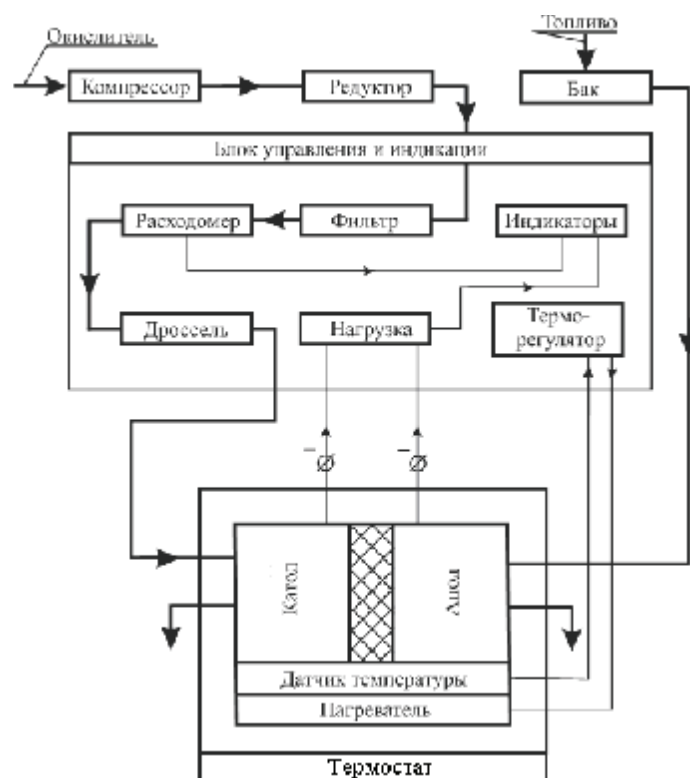
Основным функциональным компонентом топливного элемента с полимерным мембранным электролитом является мембранно-электродный блок. Он состоит из ионопроводящей мембраны и контактирующих с ней диффузионных слоев из пористых металлических или специальных углеродных материалов с развитой поверхностью, через которые осуществляются подвод топлива и окислителя, током, а также отвод продуктов электрохимической реакции. Диффузионные слои с нанесенными каталитическими металлами одновре-

менно являются электрокатализаторами соответственно катодной и анодной реакций. Мембранно-электродный блок размещается между электродами с каналами для подачи топлива в анодное пространство и окислителя в катодное, что и составляет ячейку топливного элемента [1].

Нами разработаны и сформированы электрокатализаторы окисления метанола и этанола на основе диффузионных слоев из углеродных носителей AVCarb<sup>®</sup> Carbon Fiber Paper P50 и Toray Carbon Fiber Paper TGP-H-060 T с применением ресурсосберегающей технологии ионно-ассистируемого осаждения (IBAD – Ion Beam Assisted Deposition) платины и активирующих добавок из плазмы вакуумного электродугового разряда в режиме, при котором в качестве ассистирующих процессу осаждения используются ускоренные ионы осаждаемого металла [2–4]. Изготовлены экспериментальные образцы мембранно-электродных блоков на основе электрокатализаторов и полимерного мембранного электролита DuPont<sup>™</sup> Nafion<sup>®</sup> N 115, а также токовые коллекторы – электроды с серпантинными каналами. Осуществлена сборка ячейки топливного элемента.

Для определения характеристик созданных электрокатализаторов и мембранно-электродных блоков на их основе в режиме работы топливного элемента разработан и изготовлен специальный стенд, структурная схема которого представлена на рис. 1. Ячейка топливного элемента размещается в массивном алюминиевом стакане, на поверхности которого расположен резистивный спиральный нагреватель. Стакан помещается в воздушный термостат, стенки которого изнутри покрыты пенополиуретановой теплоизоляцией. Входы и выходы каналов токовых коллекторов ячейки соединены со штуцерами на крышке термостата.

Топливо, в качестве которого используются водные растворы 1 М  $\text{CH}_3\text{OH}$  или 1 М  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , заливается в бак и через кран, регулирующий его расход, непосредственно поступает в анодное пространство ячейки. Окислителем является кислород, который содержится в воздухе. Воздух сжимается компрессором до давления 6 бар и через редуктор, понижающий его давление до 2 бар, поступает в блок управления и индикации. Здесь происходит его фильтрация и осушение, а также при помощи дросселя устанавливается необходимый расход. После подготовки воздух подается в катодное пространство ячейки топливного элемента. Нагрев ячейки в термостате до рабочей температуры производится резистивным нагревателем. Рабочая температура устанавливается и контролируется посредством терморегулятора, снабженного цифровым индикатором.



**Рисунок 1 – Блок-схема стенда для определения характеристик мембранно-электродных блоков топливных элементов**

При работе топливного элемента топливо и окислитель под давлением проходят через серпантинные каналы токовых коллекторов и через пористые углеродные диффузионные слои поступают к поверхностям полимерного мембранного электролита, обладающего проводимостью по ионам  $H^+$ . В результате электрохимической реакции образуется ЭДС, вызывающая электрический ток в цепи нагрузки. Отработанное топливо сливается в мерную емкость, а окислитель выходит в атмосферу.

Контроль технологических параметров процесса преобразования энергии проводится различными методами. Расход топлива в стационарном рабочем режиме вычисляется путем деления объема топлива, прошедшего через ячейку, на время наполнения мерной емкости. Расход воздуха измеряется датчиком фирмы Honeywell AWM3200V с диапазоном измерения 0–200 см<sup>3</sup>/мин. Принцип работы датчика основан на изменении его электрических параметров при переносе теплоты потоком газа. При измерении используются вольтметр с диапазоном измерения 0–5 В и градуировочная характеристика датчика. Задание рабочей температуры осуществляется электронным терморегулятором с интегральным цифровым термометром DS18B20, датчик которого закреплен на внешней поверхности анода ячейки. Значение силы тока в цепи нагрузки топливного элемента при снятии нагрузочных характеристик устанавли-

вается с помощью магазина сопротивлений. Для измерения напряжения и силы тока используются два цифровых вольтметра В7-73/2.

Как показал эксперимент, все перечисленные технологические параметры оказывают существенное влияние на электрическую мощность, вырабатываемую топливным элементом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Basu, S. Fuel cell systems/ S. Basu // Available at: <http://web.iitd.ac.in/~sbasu/FC-Descrip.pdf> (accessed: 14.04.2013).

2 Poplavsky, V.V. Microstructure and Composition of Catalytic Layers Formed by the Ion-Beam-Assisted Deposition of Platinum onto Carbon Substrates / V.V. Poplavsky, A.V. Dorozhko // Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques. – 2013. – Vol. 7, No. 2. – P. 303–309.

3 Поплавский, В. В. Исследование активных слоев электрокатализаторов окисления метанола и этанола, формируемых с применением технологии ионно-ассистированного осаждения / В. В. Поплавский, А. В. Дорошко, В. Г. Матыс // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2014. – Т. 57, № 10/3. – С. 216–221.

4 Poplavsky, V.V. Ion Beam Formation of Electrocatalysts for Direct Methanol and Ethanol Fuel Cells / V. V. Poplavsky, A. V. Dorozhko, V. G. Matys // 5th International Conference on Radiation Interaction with Materials: Fundamentals and Applications. Kaunas, Lithuania, May 12–15, 2014. Program and materials // Kaunas University of Technology, Vytautas Magnus University, et al. – Kaunas: Technologia, 2014. – P. 104–107.

УДК 539.213.2

А. В. Мисевич, доц., канд. физ.-мат. наук;  
А. Е. Почтенный, доц., канд. физ.-мат. наук;  
С. А. Климович, магистрант (БГТУ, г. Минск)

#### **ПРЫЖКОВАЯ ПРОВОДИМОСТЬ В ПЛЕНКАХ ФТОРЗАМЕЩЕННОГО ФТАЛОЦИАНИНА МЕДИ**

Тонкопленочные структуры, способные изменять свою проводимость под действием внешних факторов, широко применяются в качестве чувствительных элементов газовых сенсоров. Среди материалов, используемых при создании таких чувствительных элементов, особое место занимают металлфталоцианины, которым можно придать селективность к тому или иному газу, замещая атомы водорода в молекуле различными функциональными группами. Кроме того газовые сенсоры на основе металлфталоцианинов работают при более низких температурах по сравнению с наиболее распространенными металлооксидными сенсорами.